



تحلیل کمی و مقایسه‌ای ناپایداری‌های دامنه‌ای در دامنه‌های مشرف بر جاده‌ی کرج-چالوس (کرج-گچسر) و اتوبان در حال احداث تهران-شمال (تهران-سولقان) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک

شهرام روستایی^{۱*}، داود مختاری^۲، کریستینه جانانه^۳

۱-استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲-استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳-دانشجوی دکتری مخاطرات محیطی-ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۲۱

وصول مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

چکیده

جاده کرج-چالوس و اتوبان تهران-شمال جزو جاده‌های پرتردد اما در عین حال کوهستانی کشور بوده و مستعد ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌باشند. لذا در این مطالعه، با استفاده از روش رگرسیون لجستیک اقدام به ارزیابی کمی و مقایسه‌ای ناپایداری‌ها در دامنه‌های مشرف بر این دو جاده (به ترتیب، حد فاصل کرج - گچسر، و تهران - سولقان) شده است. برای این منظور لایه‌های جداگانه ۱۴ فاکتور مؤثر در وقوع ناپایداری‌ها در محیط GIS تهیه شدند، سپس با لایه‌ی پراکنش ناپایداری‌های موجود انطباق داده شده و تراکم آن‌ها در واحد سطح محاسبه و با استفاده از نرم‌افزار ادریسی، مدل رگرسیون لجستیک انجام شد. طبق نتایج، در محدوده‌ی کرج عوامل فاصله از رودخانه، اقلیم و شاخص قدرت آبراهه‌ای و در محدوده‌ی سولقان عوامل فاصله از گسل، فاصله از جاده و اقلیم به ترتیب دارای بیشترین اهمیت هستند. در محدوده‌ی کرج ۳۴/۹۵ درصد اراضی، مناطق با پتانسیل وقوع ناپایداری‌های متوسط به بالا هستند که ۵۴/۸۷ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته است. در محدوده سولقان نیز ۲۷/۱۴ درصد اراضی به‌عنوان مناطق با پتانسیل وقوع ناپایداری‌های متوسط به بالا هستند که ۸۶/۲۶ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته‌اند. با مقایسه‌ی دو منطقه در می‌یابیم که گرچه درصد مناطق با پتانسیل متوسط به بالا در محدوده‌ی سولقان کمتر از کرج است، اما درصد ناپایداری‌های رخ داده در این مناطق در سولقان بیشتر می‌باشد.

کلمات کلیدی: ناپایداری‌های دامنه‌ای، رگرسیون لجستیک، بزرگراه تهران-شمال، جاده کرج-چالوس، پهنه بندی خطر.

۱- مقدمه

جابه‌جایی حجم زیادی از توده‌های خاک، سنگ و یا ترکیبی از آنها به طرف پایین شیب در اثر نیروی ثقل می‌باشد (مغامی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۳). این حرکت رو به پایین مواد سطحی، تحت تأثیر گرانش زمین صورت گرفته و میزان تحرک مواد با حضور آب موجود در رسوبات افزایش می‌یابد (پارتا و همکاران، ۲۰۱۲: ۲). رشد جمعیت و پیشرفت علم این امکان را به بشر داده تا منابع طبیعی را بیش از پیش بهره‌برداری کند و نتیجه این تعدی، افزایش بلایای طبیعی است (بشیری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۵۸). ناپایداری‌های دامنه‌ای همیشه معلول شرایط طبیعی نیستند و مداخلات انسانی نیز در وقوع این پدیده نقش بسزایی دارند (قهرودی تالی و طالب‌پور اصل، ۱۳۹۶: ۸۴). ناپایداری‌های دامنه‌ای هر سال در بیشتر استان‌های کشور موجب خسارات اقتصادی به راه‌ها، خطوط راه‌آهن، خطوط انتقال نیرو و ارتباطات، کانال‌های آبیاری و آبرسانی، تأسیسات معدنی، تأسیسات استخراج، پالایش نفت و گاز، شبکه‌ی شریان‌های حیاتی درون شهرها، کارخانه‌ها و مراکز صنعتی، سدها و دریاچه‌های مصنوعی و طبیعی، جنگل‌ها و مراتع و منابع طبیعی، مزارع و مناطق مسکونی و روستاها می‌شود یا آنها را مورد تهدید قرار می‌دهد (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ۱۳۹۰). این مخاطرات همزمان با دستکاری انسان در سیستم‌های در دهه‌های اخیر شتاب فزاینده‌ای داشته است (حجازی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۲۱). از عوامل انسانی مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌توان به جاده‌سازی اشاره نمود. جاده‌سازی به خصوص در مناطق کوهستانی باعث افزایش احتمال وقوع انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌شود چون تعادل طبیعی دامنه‌های مشرف به مسیر راه‌ها را بر هم زده، باعث تغییر شکل زمین شده و در حوزه‌ی فعالیت انسان‌ها خطراتی را بوجود می‌آورد (عزیزی، ۱۳۹۰: ۱۲). همه ساله وقوع انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای در جاده‌ها خسارات جانی و مالی فراوانی را بوجود می‌آورند و باعث تخریب منابع طبیعی فراوان در کشور می‌گردند. اما با این حال در دنیای امروزی برای ایجاد ارتباط بین مناطق مختلف، احداث جاده‌ها، اتوبان‌ها و آزادراه‌ها امری ضروری و غیرقابل اجتناب است (اعتضادی آملی و همکاران، ۱۳۹۴). به همین منظور قبل از احداث جاده‌ها باید مطالعات، بررسی‌ها، ارزیابی‌ها و برنامه‌ریزی‌های لازم جهت جلوگیری از احداث جاده‌ها در مناطق با خطر بالا و بسیار بالای وقوع انواع ناپایداری‌ها صورت پذیرد، و در جاده‌های احداث شده قبلی نیز باید مطالعاتی جهت پهنه‌بندی ناپایداری‌ها، برآورد احتمال وقوع در دامنه‌های مستعد از نظر عوامل مؤثر بر وقوع، و کمی-سازی خطر وقوع انجام گیرد تا بر اساس آن، راه‌حل‌ها و تمهیداتی جهت جلوگیری هر چه بیشتر از به وجود آمدن خسارات مالی و جانی اندیشیده و اعمال شوند. از جمله پرمخاطره‌ترین جاده‌های کشور می‌توان به جاده‌ی کرج-چالوس (جاده ۵۹) اشاره کرد که یکی از پر ترددترین جاده‌های توریستی کشور بوده و با عبور از قسمت میانی رشته کوه البرز، نواحی مرکزی ایران و به خصوص استان تهران و البرز را به شمال کشور

ارتباط می‌دهد. به دلیل توپوگرافی کوهستانی منطقه، این جاده دارای پیچ و خم‌های زیادی می‌باشد که با وجود طبیعت بسیار زیبا، همیشه برای مسافران پر خطر است و مورد توجه این پژوهش نیز قرار گرفته است. مطالعات مختلفی پیرامون پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در دامنه‌های مشرف به جاده‌ها صورت گرفته است که از جمله این مطالعات می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

مشرعی و همکاران (۱۳۹۱)، خطر وقوع زمین لغزش در جاده تهران-چالوس و بزرگراه در دست احداث را پهنه‌بندی کردند. طبق نتایج بدست آمده، از ۶۶ کیلومتر کل طول جاده ۱۶ درصد دارای خطر بسیار زیاد و ۴۲ درصد دارای خطر زیاد برای وقوع زمین لغزش می‌باشد. همچنین از ۱۷ کیلومتر طول بزرگراه در حال ساخت، ۱۲ درصد دارای خطر خیلی زیاد و ۳۳ درصد دارای خطر زیاد برای وقوع زمین لغزش می‌باشد. جعفرلو و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده‌ی چالوس (حد فاصل کرج- گچسار) با کمک GIS" از روش آماری کریجینگ استفاده نمودند. بازدید های صحرائی نشان داد که نقشه‌ی پهنه‌بندی تهیه شده، تا حد مطلوبی مناطق مستعد خطر ناپایداری را متمایز کرده است. سپس برخی از دامنه‌های حساس، مورد بازدید محلی قرار گرفتند و به روش استریوگرافی از نظر پایداری تحلیل شدند و در نهایت در همه موارد بررسی شده، صحت نقشه‌ی خروجی تایید گردید. روستایی و همکاران (۱۳۹۴) روش رگرسیون لجستیک را در پهنه بندی خطر وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در جاده‌های کوهستانی تنگه‌ی دره‌دیز بکار بردند. طبق نتایج، از میان عوامل بررسی شده، عامل شیب با ضریبی برابر با ۰/۵۹ درصد، عامل فاصله از گسل با ضریبی برابر با ۰/۵۶ درصد و عامل طبقات ارتفاعی با ضریبی برابر با ۰/۳۳ درصد، مهم ترین عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در تنگه‌ی مذکور می‌باشند.

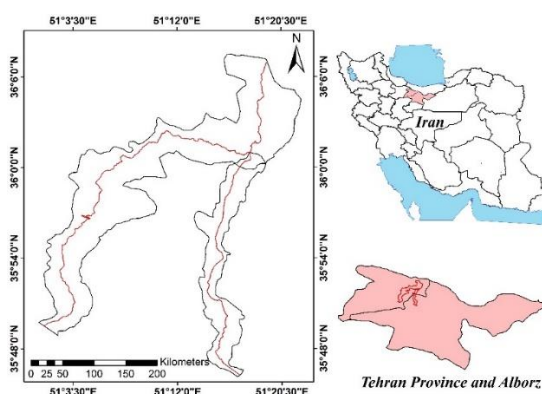
میرکی و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه‌ای با عنوان پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز چشمید، کردستان انجام داده‌اند. هدف آنها مقایسه‌ی کارایی دو روش آماری رگرسیون لجستیک و روش احتمالاتی نسبت فراوانی در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش در حوزه‌ی مذکور بود. آنها در ابتدا ۱۷ عامل مؤثر در وقوع زمین لغزش را شناسایی کرده و سپس، ۶۰ نقطه‌ی زمین لغزشی و نیز ۶۰ نقطه غیرزمین لغزشی در منطقه شناسایی و ثبت نموده‌اند. مقایسه‌ی نقشه‌ی رگرسیون لجستیک و نقشه‌ی نسبت فراوانی نشان داده که روش رگرسیون لجستیک با ۸۲/۲٪ گستره‌ی زیرمنحنی مشخصه عملکرد، در مقایسه با روش نسبت فراوانی با مقدار ۸۰٪، توانایی پیش‌بینی بالاتری در شناسایی مناطق مستعد و حساس به زمین لغزش در منطقه مورد بررسی دارد. بنابراین، روش آماری رگرسیون لجستیک را برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش‌های منطقه‌ی مورد مطالعه پیشنهاد کرده‌اند. قاید شرف و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی خطر زمین لغزش در حوزه‌ی دماوند به روش

رگرسیون لجستیک جهت شناسایی عوامل ناپایداری در منطقه‌ی شیروانی خیز دماوند و توسعه و ارزیابی یک مدل مناسب جهت پهنه‌بندی پرداخته‌اند. تحقیق آنها با آماده‌سازی نقشه‌ی زمین لغزش و شناسنامه اطلاعاتی آنها بر اساس عکس‌های هوایی و بررسی‌های میدانی شروع شده و در مرحله‌ی بعد، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به عوامل موثر را با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.2 تهیه کرده‌اند. براساس DEM به دست آمده، لایه‌های اطلاعاتی مربوطه در سیستم GIS تهیه شده‌اند. ارزیابی نتایج مدل‌ها برحسب روش منحنی ROC نشان داده که روش رگرسیون لجستیک ۵/۷۶ درصد، امکان پیشگویی دقیق‌تری دارد.

در این پژوهش، حد فاصل کرج- گچسر در جاده کرج چالوس و حد فاصل تهران- سولقان در اتوبان حال احداث تهران- شمال، از نظر احتمال وقوع حرکات دامنه‌ای مورد ارزیابی کمی و مقایسه‌ای قرار گرفته‌اند. این دو منطقه به دلیل دست‌کاری‌های گسترده صورت گرفته و نیز شرایط طبیعی، از نظر وقوع حرکات دامنه‌ای بسیار مستعد می‌باشند. پژوهش حاضر با استفاده از روش رگرسیون خطی به پهنه‌بندی زمین‌لغزش پرداخته است. رگرسیون چندمتغیره یک روش آماری است که با استفاده از آن می‌توان وزن عوامل مؤثر بر ناپایداری- های دامنه‌ای را تعیین و با استفاده از آن احتمال وقوع آنها را پیش‌بینی نمود (ناندی و همکاران، ۲۰۰۱: ۱۵۶؛ دویت ۲ و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۵۸). هدف از این مطالعه شناسایی ناپایداری‌های دامنه‌ای در دامنه‌های مشرف بر هر دو جاده، کمی‌سازی وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای بر روی قسمت‌های مختلف جاده و اتوبان و مقایسه‌ی این دو از نظر میزان و توزیع احتمال وقوع انواع ناپایداری‌هایی است که می‌تواند خسارات اقتصادی زیادی به بار آورد و جان مسافران را به خطر اندازد.

۱-۱ معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی $39^{\circ} 51'$ تا $58^{\circ} 51'$ طول شرقی و $36^{\circ} 07'$ تا $36^{\circ} 17'$ عرض شمالی در قسمت شمال و شمال غرب استان تهران واقع شده است (شکل ۱). در این منطقه به بررسی دو جاده کرج- چالوس در حد فاصل کرج تا گچسر به طول ۶۰ کیلومتر و مساحت ۱۱۳۱,۶۳ کیلومتر مربع، و همچنین اتوبان در حال احداث تهران- شمال در حد فاصل تهران تا سولقان به طول ۱۲ کیلومتر و مساحت ۳۴۸,۵۷۹ کیلومتر مربع پرداخته شده است.



شکل (۱): نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی دو جاده‌ی مورد مطالعه

Fig (1): Location of two studied roads

از نظر زمین‌شناختی سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی منطقه عمدتاً شامل ماسه سنگ، آهک، شیل و توف (سازند کرج) است اما به طور پراکنده رخنمون‌های سنگ‌های مونزودیوریتی و مونزوگابرویی به سن بعد از ائوسن - الیگوسن و همچنین رسوبات کواترنری شامل آبرفت‌ها و تراس‌های رودخانه‌ای قدیم و رسوبات واریزه‌ای نیز وجود دارند. این منطقه از نظر زمین‌ساختی، منطقه پرتحرکی بوده است. چین‌خوردگی‌های متعدد به صورت طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌ها، یال‌ها و ناهمواری‌ها قابل مشاهده هستند. همچنین قتل مضرس همراه با پرتگاه‌های تند و مرتفع از ویژگی‌های منطقه است. نظم چین‌ها به وسیله گسل‌های اصلی و فرعی به هم خورده و سبب تغییراتی در وضع ظاهری منطقه شده که بیشتر به صورت گسل‌های معکوس-راندگی و یا گسل عادی و گسل‌های فرعی و کوچک قابل مشاهده هستند. این گسل‌ها عموماً دارای جهت شرقی- جنوب شرقی، غربی- شمال غربی هستند.

از دیدگاه ژئومورفولوژیکی، منطقه‌ی مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر ماهیت سنگ‌شناسی و ساخت‌های ناحیه‌ای است و اشکال ژئومورفولوژیکی شاخص از ساخت‌های زمین‌ساختی عمده پیروی می‌کنند. با این حال تأثیر فرایندهای دینامیک بیرونی به شکل دره‌های رودخانه‌ای و یخچالی، واریزه‌های گرانشی ناشی از بهمن‌های برفی و سنگی، دامنه‌های واریزه‌ای فرسایشی، و تراس‌های رودخانه‌ای به تعداد زیاد قابل مشاهده‌اند. از نظر شرایط اقلیمی منطقه در قلمروهای مورفوکلیماتیک گوناگون قرار دارد و مناطق مرتفع آن دارای اقلیم آگزریک سرد است که ۵ تا ۸ ماه سال را در سرما و یخبندان به سر می‌برد و بیشتر بارش این منطقه به شکل برف است که شرایط سختی را به ویژه در فصول سرد بر این جاده‌ها تحمیل می‌کند. در این اقلیم، مراتع ییلاقی دیده می‌شود، اما در ارتفاعات بالای ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ متر که بیشترین سطح منطقه‌ی مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد، درخت رشد نمی‌کند و پوشش گیاهی این مناطق منحصر به درختچه و گیاهان بوته‌ای است. در کل دامنه‌ی

تغییرات پوشش گیاهی کم است و در بیشتر محدوده این مسیرها جاده فاقد پوشش گیاهی و یا با تراکم کم است.

۲- مواد و روش

طبق فرایند پژوهش ارائه شده در شکل (۲)، جهت بررسی پتانسیل وقوع حرکات دامنه‌ای ۱۴ فاکتور طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، پوشش گیاهی، اقلیم، طول شیب^۱، شاخص قدرت آبراهه‌ای^۲ و شاخص رطوبت توپوگرافیک^۳ به عنوان فاکتورهای مؤثر در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای منطقه تشخیص داده شدند که مراحل تهیهی آنها به‌طور خلاصه عبارت‌اند از: تهیهی نقشه‌ی عوامل مؤثر در وقوع حرکات دامنه‌ای منطقه به‌صورت لایه‌های مجزا در محیط GIS و انتقال به نرم‌افزار ادریسی که شامل: ۱: تهیهی لایه‌های مدل رقومی ارتفاعی^۴، رودخانه، گسل از طریق نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ایجاد نقشه‌های فاصله از پارامترهای رودخانه و گسل، ۲: ایجاد نقشه‌های شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی، ۳: تهیهی نقشه‌ی کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی منطقه بر اساس طبقه‌بندی نظارت نشده تصویر ماهواره‌ای لندست 8 سنجنده OLI، ۴: تهیهی نقشه-ی زمین‌شناسی، ۵: تهیهی لایه‌ی بارش و اقلیم بر اساس اطلاعات گرفته شده از سازمان هواشناسی کل کشور، ۶: تهیهی لایه‌های طول شیب، شاخص قدرت آبراهه‌ای و شاخص رطوبت توپوگرافیک از روی لایه‌ی مدل رقومی ارتفاعی، ۷: تبدیل داده‌های پراکنش حرکات دامنه‌ای منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و نیز گوگل ارث، ۸: انطباق لایه‌های اطلاعاتی با نقشه‌ی سیاهه‌ی ناپایداری‌های منطقه و محاسبه‌ی تراکم آنها در واحد سطح، ۹: انجام مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از نرم‌افزار ادریسی.

مدل رگرسیون لجستیک، یکی از روش‌های آماری پیش‌بینی‌کننده‌ی برای متغیرهای وابسته‌ای است که حالت صفر و یک با وقوع و عدم وقوع (مانند ناپایداری‌ها) ارتباط دارند. در این روش رابطه‌ی رگرسیونی متغیرها خطی نبوده بلکه به صورت منحنی S شکل یا لجستیک است. در این مدل برآوردها و تخمین‌ها در دامنه‌ای از صفر تا یک قرار می‌گیرند که اعداد نزدیک به صفر نشان‌دهنده‌ی احتمال وقوع کمتر و اعداد نزدیک به یک نشان‌دهنده‌ی احتمال وقوع بیشتر هستند. در رگرسیون لجستیک متغیر وابسته با استفاده از رابطه‌ی (۱) (متولی، ۱۳۸۸: ۷۶) بیان می‌شود:

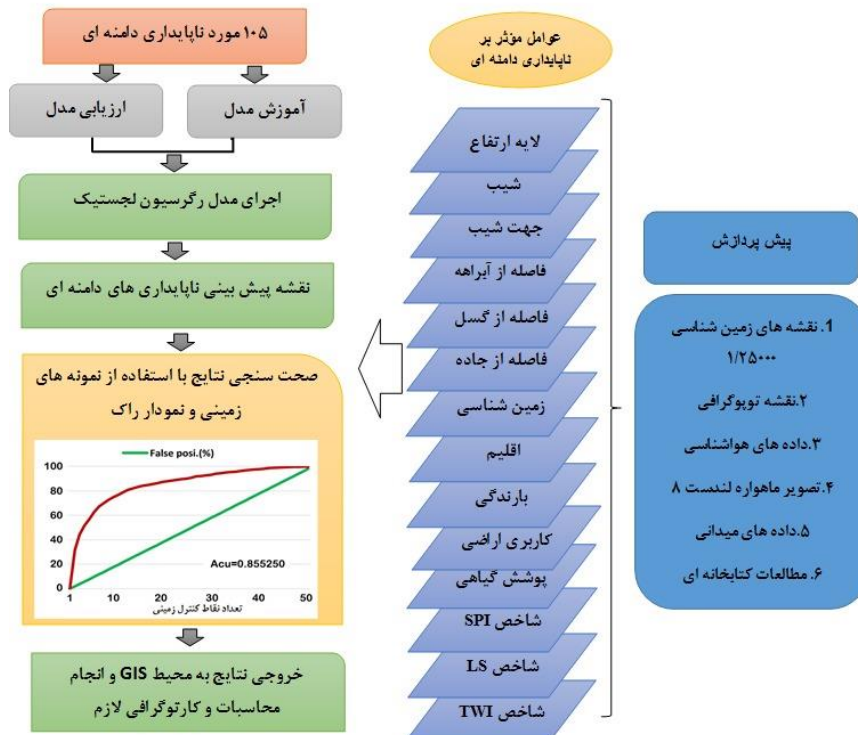
$$Y = \text{Logit}(p) = \ln(p/1-p) = C_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n \quad (1)$$

1- LS (Slope Length)

2- SPI (Stream Power Index)

3- TWI (Topographic Wetness Index)

4- DEM (Digital Elevation Model)



شکل (۲): فرآیند پژوهشی مطالعه ناپایداری های دامنه‌ای در دامنه‌های مشرف بر جاده کرج- چالوس و اتوبان در حال احداث تهران- شمال

Fig (2): The research process of studying the slope instabilities on the slopes overlooking the Karaj-Chaloo road and the under construction highway of Tehran-North

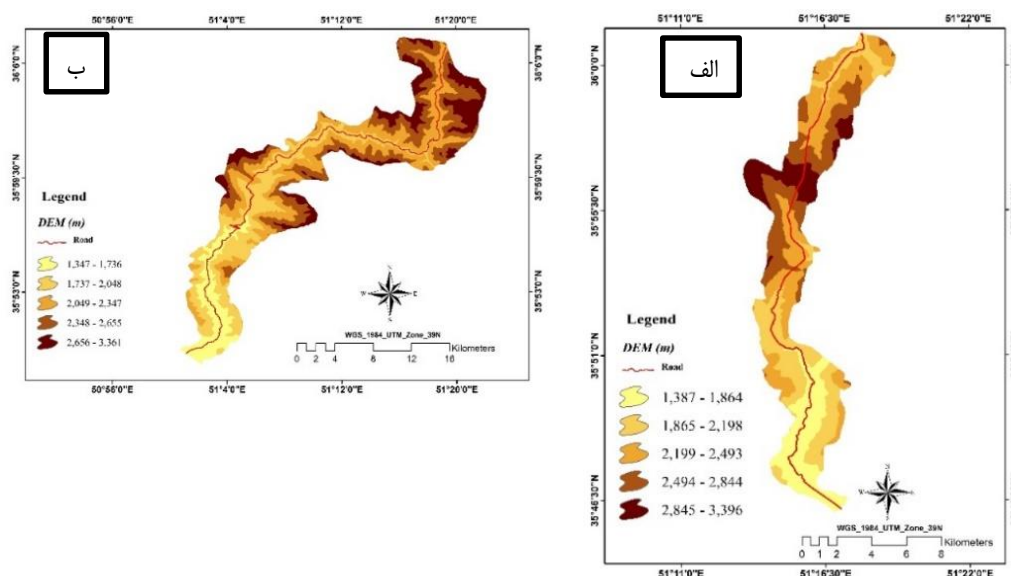
لوجیت! یا لگاریتم شانس در واقع مقدار لگاریتم طبیعی احتمال است. P : احتمال متغیر وابسته (y) است، $p/1 - p$ نسبت شانس یا احتمال، C_0 : مقدار ثابت می‌باشد، $(C_1...C_n)$: ضرایبی هستند که مشارکت عوامل مستقل $(X_1, X_2...X_n)$ را برای متغیر y نشان می‌دهند، $(X_1... X_n)$: متغیرهای مستقل هستند.

۳- بحث و نتایج

مطالعه‌ی حاضر با هدف پهنه بندی خطر ناپایداری‌ها در حاشیه‌ی جاده‌های کرج- چالوس و اتوبان تهران- سولقان صورت گرفت به همین منظور ابتدا عوامل مؤثر بر وقوع ناپایداری‌ها شناسایی شده و پس از آماده سازی لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS به منظور اعمال مدل رگرسیون لجستیک، داده‌ها وارد محیط نرم‌افزار

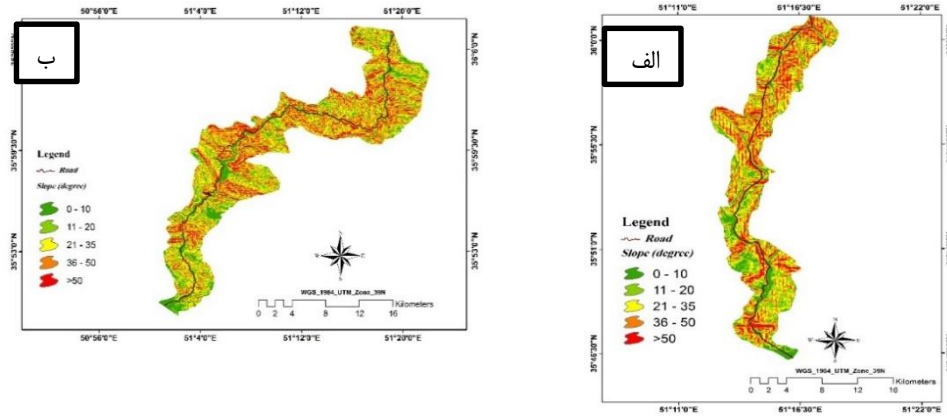
ادریسی شدند و مدل مذکور اعمال گردید. نتایج حاصل از آماده سازی لایه ها و همچنین اعمال مدل در شکل های (۳) تا (۱۶) ارائه شده است.

پس از تهیه لایه های اطلاعاتی مختلف، در ناحیه ی مورد مطالعه، نقشه ی سیاهه ناپایداری ها به صورت پهنه های ناپایداری براساس تصاویر گوگل ارث و نقاط کنترل زمینی تهیه شد، مساحت ناپایداری های دامنه ای رخ داده در حوضه ی کرج حدود ۱۰۸/۸۵ هکتار معادل ۰/۴۰ درصد از مساحت کل منطقه بوده و در حوضه ی سولقان این مساحت برابر با ۹۱/۵۳ هکتار معادل ۱/۱۶ درصد از مساحت کل منطقه می باشد. شکل (۱۷) پراکنش ناپایداری های دامنه ای دو حوضه ی مذکور را نشان می دهد.



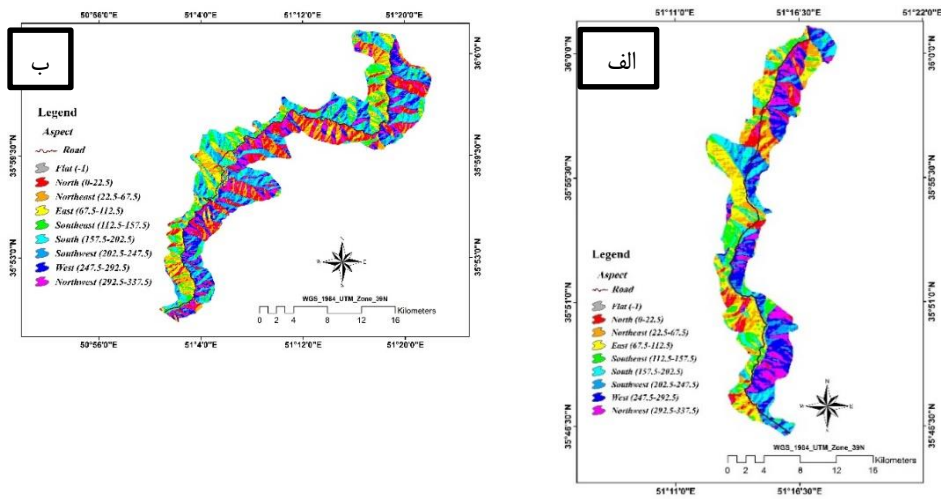
شکل (۳): نقشه ی طبقات ارتفاعی (الف) محدوده ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده ی جاده کرج- گچسار

Fig (3): DEM maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



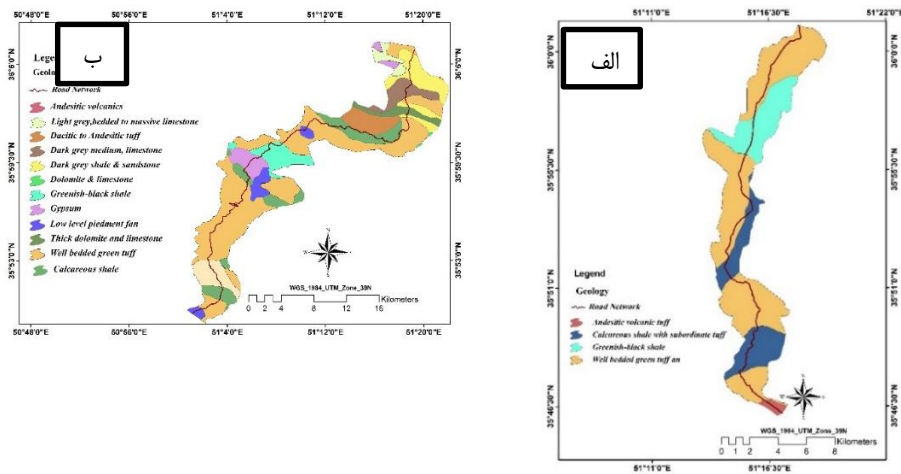
شکل (۴): نقشه‌ی شیب (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسار

Fig (4): Slope maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas

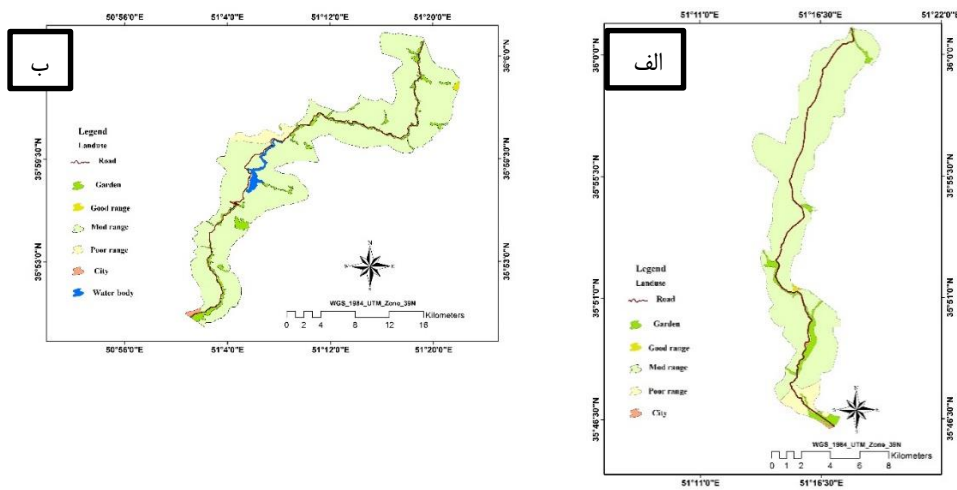


شکل (۵): نقشه‌ی جهت شیب (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسار

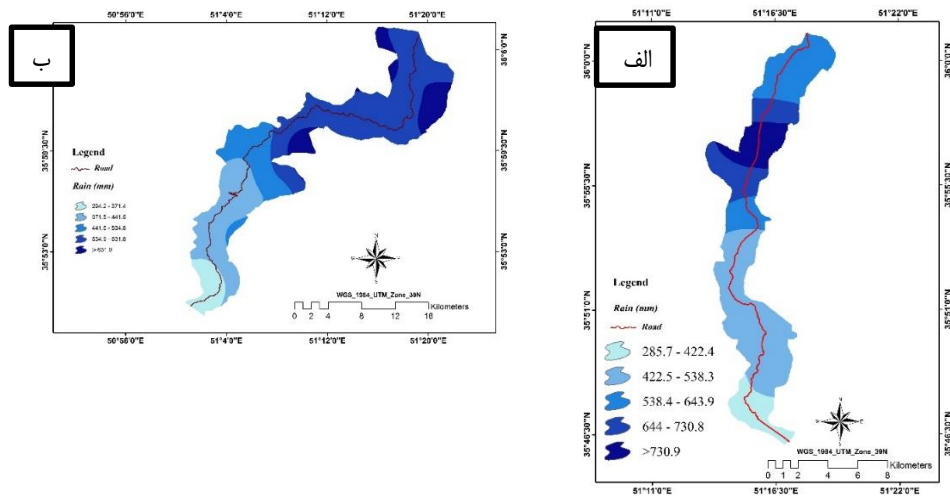
Fig (5): Aspect maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



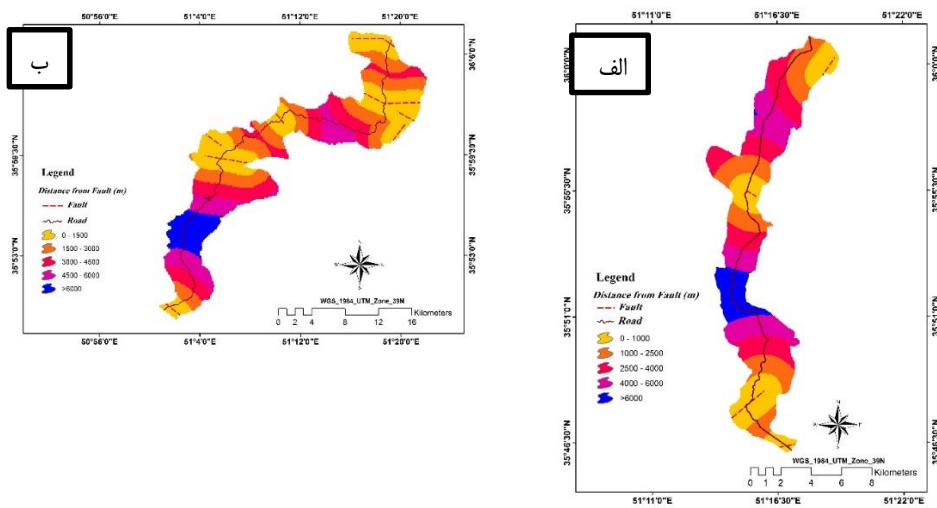
شکل (۶): نقشه‌ی زمین‌شناسی (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده کرج- گچسار
Fig (6): Geology maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



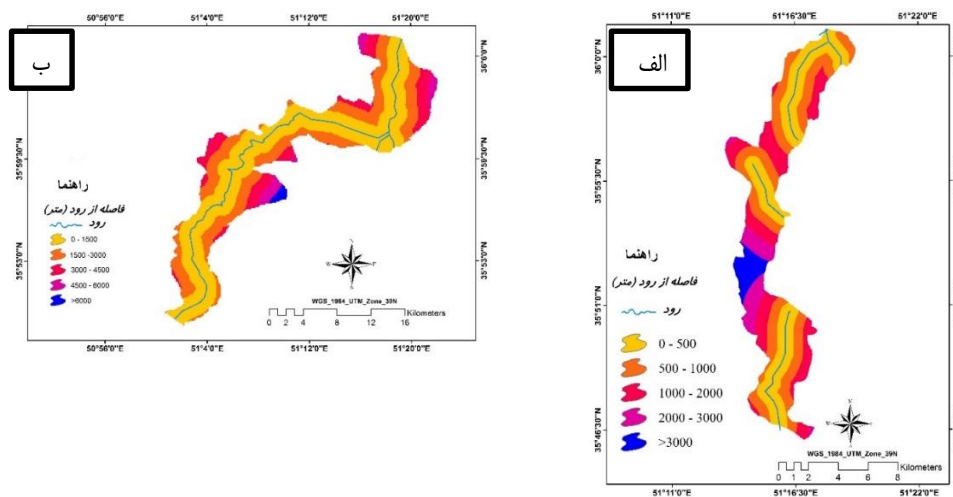
شکل (۷): نقشه‌ی کاربری اراضی (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده کرج- گچسار
Fig (7): Land use maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



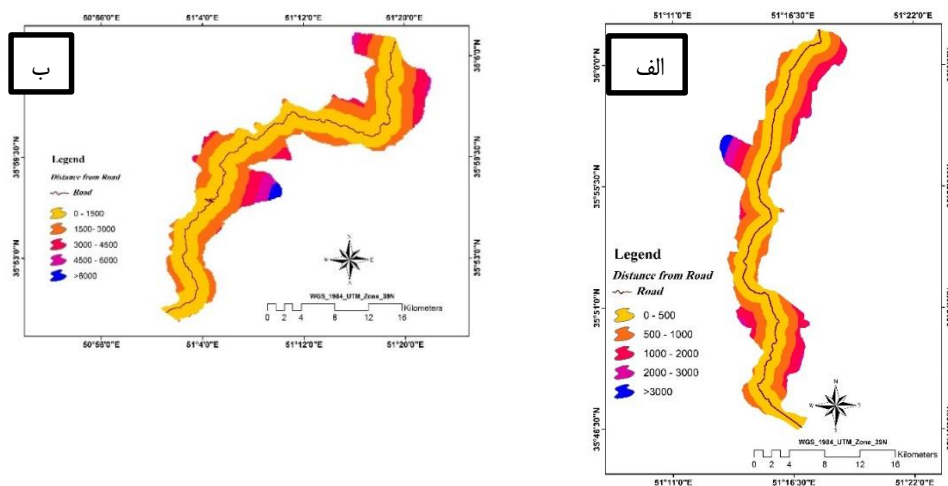
شکل (۸): نقشه‌ی بارندگی (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسار
Fig (8): Precipitation maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



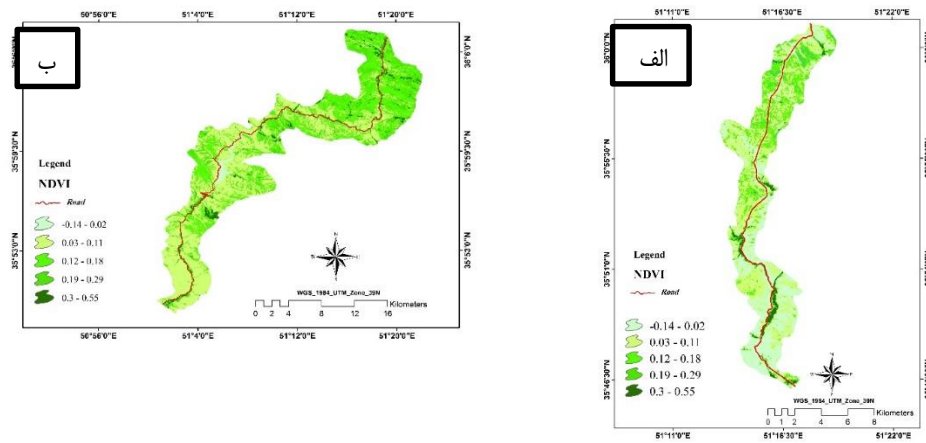
شکل (۹): نقشه‌ی فاصله از گسل (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسار
Fig (9): Distance from fault maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



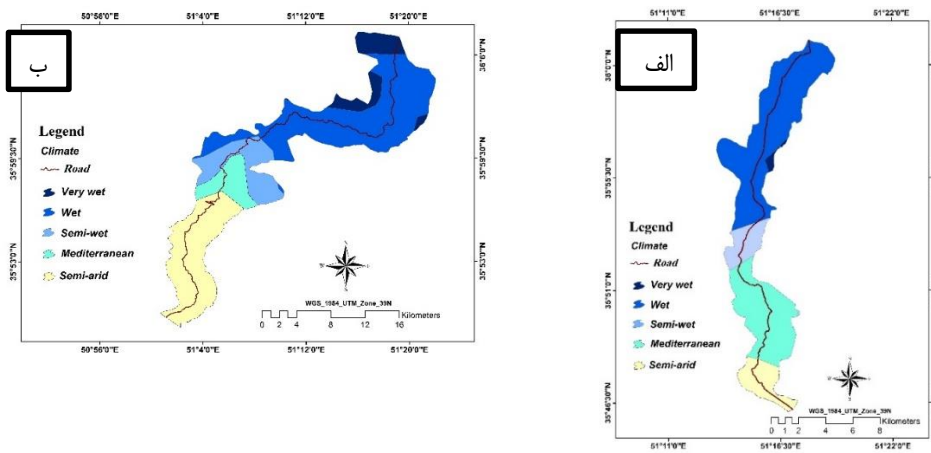
شکل (۱۰): نقشه‌ی فاصله از رودخانه (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده کرج- گچسار
 Fig (10): Distance from river maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



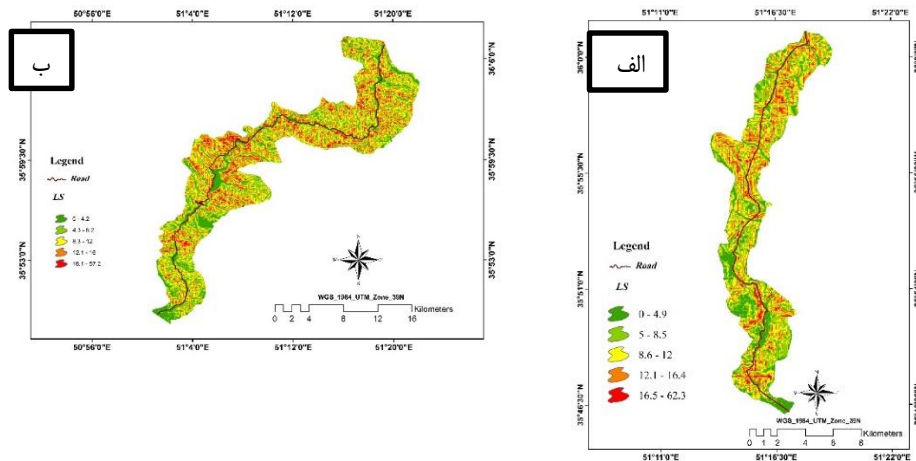
شکل (۱۱): نقشه‌ی فاصله از جاده (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده کرج- گچسار
 Fig (11): Distance from road maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



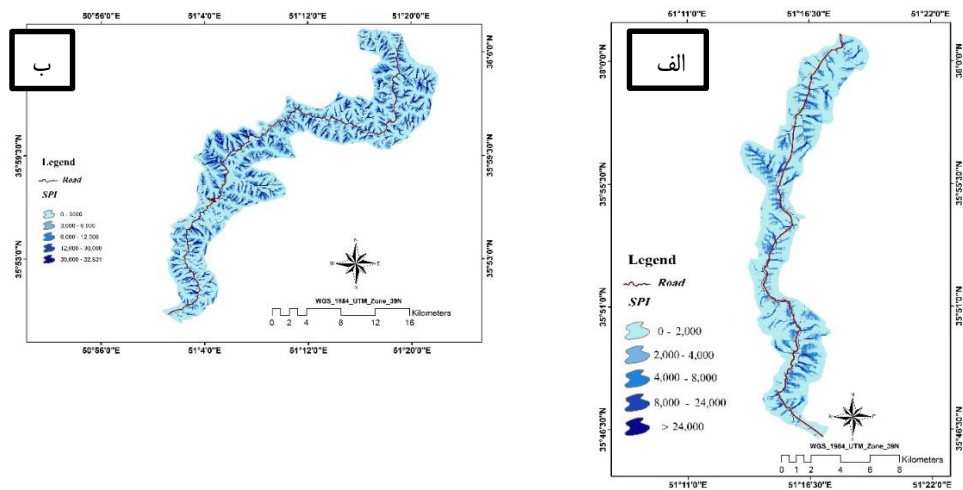
شکل (۱۲): نقشه‌ی پوشش گیاهی (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسر
Fig (12): NDVI maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



شکل (۱۳): نقشه‌ی اقلیم (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسر
Fig (13): Climate maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas

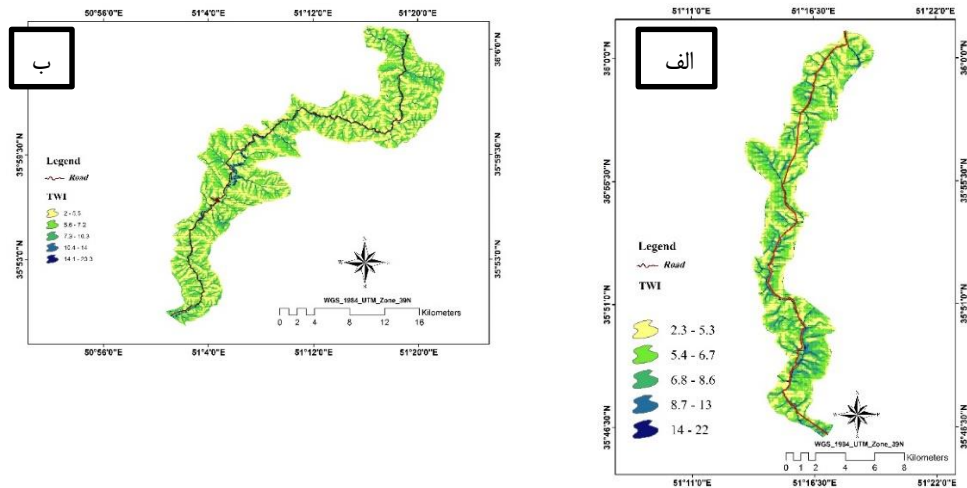


شکل (۱۴): نقشه‌ی شاخص طول شیب (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج-گچسار
Fig (14): LS maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



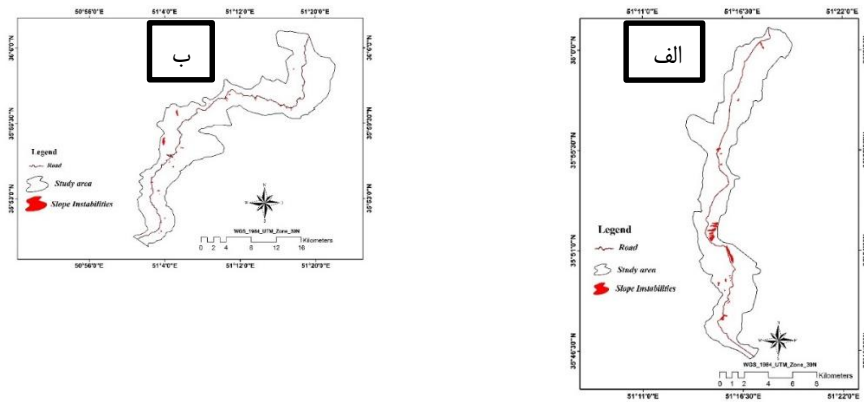
شکل (۱۵): نقشه‌ی شاخص قدرت آبراه‌های (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج-گچسار

Fig (15): SPI maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



شکل (۱۶): نقشه‌ی شاخص رطوبت توپوگرافیک (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده کرج- گچسار

Fig (16): TWI maps of (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas



شکل (۱۷): نقشه‌ی پراکنش ناپایداری‌های دامنه‌ای (الف) محدوده اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده جاده کرج- گچسار

Fig (17): Distribution of slope instabilities in (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas

رگرسیون لجستیک: در روش رگرسیون لجستیک پس از ورود داده‌ها به مدل آماری رگرسیون لجستیک، با استفاده از پارامترهای مؤثر در نرم‌افزار ادریسی، ضرایب مدل، مطابق جدول (۱) استخراج شد.

جهت ارزیابی دقت نتایج بدست آمده از آزمون‌های کی دو^۱، پی آر دو^۲ و شاخص راک^۳ استفاده گردید. آزمون کی دو، یک تست معتبر و معمولی برای رگرسیون لجستیک است که از اختلاف بین $-2\ln(L)$ برای مدل بهترین برازش^۴ و $-2\ln(L0)$ برای فرضیه صفر بدست می‌ید. چنانچه این آماره در سطح ۹۵ درصد معنی دار باشد (کی دو $< 1/14$) فرضیه صفر (H_0) رد می‌شود (متولی: ۱۳۸۸). مقدار شاخص کی دو برای محدوده‌ی کرج و سولقان به ترتیب $365/0.353$ و $611/0.519$ تعیین گردید، با توجه به این که مقادیر حاصله بسیار بیشتر از مقدار آستانه تعیین شده است بنابراین فرض صفر بودن تمام ضرایب رد می‌گردد.

جدول (۱): ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک برای دو محدوده‌ی مورد مطالعه

Table (1): Coefficients derived from the logistic regression model for the two studied road areas

	متغیرهای مستقل	ضرایب حاصله از مدل برای حوضه کرج	ضرایب حاصله از مدل برای حوضه سولقان
X ₀	عدد ثابت	-۱۱/۱۷۰۵	-۹/۷۶۸۷
X ₁	طبقات ارتفاعی	-۰/۵۷۰۰	-۰/۵۹۵۱
X ₂	شیب	۰/۰۵۸۰	-۰/۱۳۹۸
X ₃	جهت شیب	-۰/۰۳۳۳	-۰/۹۰۸۶
X ₄	زمین شناسی	۰/۰۹۲۳	۰/۲۲۰۰
X ₅	کاربری اراضی	-۰/۵۸۰۰	۰/۵۸۰۵
X ₆	بارش	۰/۲۲۶۶	-۱/۳۴۹۷
X ₇	فاصله از گسل	-۰/۴۲۸۵	۰/۷۹۷۴
X ₈	فاصله از رودخانه	۱/۲۹۵۸	۰/۱۷۸۵
X ₉	فاصله از جاده	۰/۲۷۱۸	۰/۷۶۲۷
X ₁₀	پوشش گیاهی	-۰/۴۰۹۳	-۰/۱۶۸۲
X ₁₁	اقلیم	۰/۵۱۳۲	۰/۷۳۲۵
X ₁₂	طول شیب	۰/۲۴۰۹	۰/۵۹۶۹
X ₁₃	شاخص قدرت آبراهه ای	۰/۳۸۵۱	-۰/۳۸۸۷
X ₁₄	شاخص رطوبت توپوگرافیک	-۰/۰۸۵۰	-۰/۰۹۷۴

1- Chi Square

2- Pseudo R Square (PR 2)

3- ROC

4- Goodness of Fit

جدول (۲): شاخص‌های آماری حاصله برای ارزیابی مدل
Table (2): The calculated statistical indicators for the model evaluation

شاخص	محدوده کرج - گچسر	محدوده تهران - سولقان
آزمون پی آر دو	۰/۳۱۶۱	۰/۴۲۱۱
آزمون کی دو	۳۶۵/۰۳۵۳	۶۱۱/۰۵۱۹
برازش	۳۲۹۵۰/۲۷۹۷	۱۸۳۶۲/۳۱۸۹

مقدار پی آر دو می‌تواند از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$PR^2 = 1 - \frac{\ln(L)}{\ln(L_0)} \quad (2)$$

مقدار پی آر دو نشان می‌دهد که چگونه مدل لوجیت، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد (منارد، ۱۹۹۵: ۴۸). بنابراین پی آر دو مساوی با ۱ نشان‌دهنده‌ی برازش کامل مدل است، و صفر نشان‌دهنده‌ی عدم رابطه‌ی متغیرهای مستقل با متغیر وابسته می‌باشد. چنان چه مقدار پی آر دو بزرگ تر از ۰/۲ باشد نشان‌دهنده‌ی برازش نسبتاً خوب مدل است (آیالو و یاماگیشی، ۲۰۰۵: ۲۸). با توجه به این که در این تحقیق مقدار شاخص پی آر دو برای محدوده‌ی کرج و سولقان به ترتیب برابر با ۰/۳۱۶۱ و ۰/۴۲۱۱ است و مقادیر به دست آمده بزرگ‌تر از آستانه ۰/۲ می‌باشند، پس این مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد.

معیار دیگری که برای تفسیر بسیار آسان است، توجه به این مساله است که مدل چه مقدار می‌تواند متغیر وابسته را به خوبی پیش‌بینی کند. در این مورد نرم‌افزار ادریسی از معیار راک برای مقایسه‌ی یک نقشه‌ی بولین (وجود یا عدم وجود ناپایداری‌ها) با نقشه احتمال به کار می‌رود. مقدار راک از ۰/۵ تا ۱ متغیر است، ۱ نشان‌دهنده‌ی تطابق کامل و ۰/۵ نشان‌دهنده‌ی تطابق اتفاقی است (متولی، ۱۳۸۸، ۷۹). مقدار راک ۰/۹۷۱۶ به دست آمده برای محدوده‌ی کرج و ۰/۹۶۷۸ برای محدوده‌ی سولقان در این مطالعه، نشان‌دهنده‌ی همبستگی بسیار بالای بین متغیر مستقل و وابسته است.

نتایج تحلیل منحنی راک برای مدل رگرسیون لجستیک نشان داد که نقشه‌ی حساسیت ناپایداری تهیه شده در منطقه‌ی مورد مطالعه با سطح زیر منحنی با مقادیر ۰/۸۱۳۵ برای محدوده‌ی کرج و ۰/۸۵۵۲۵۰ برای سولقان دارای قدرت پیش‌بینی خیلی خوب می‌باشد (شکل های ۱۸ و ۱۹). در تعیین تعداد پارامترهای مستقل در وقوع ناپایداری‌های هیچ استاندارد دی وجود ندارد. نتیجه مدل برای دو محدوده‌ی کرج و سولقان به ترتیب به صورت رابطه‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

1- Menard

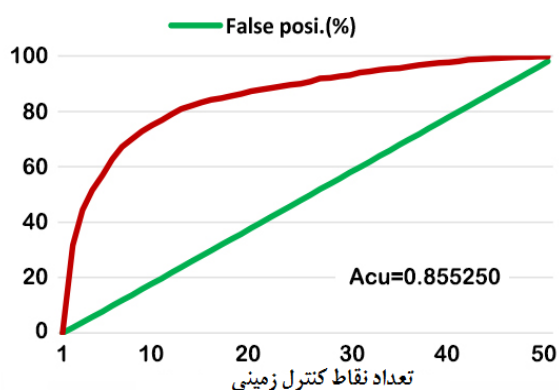
2- Ayalew and Yamagishi

(۳)

$$\text{Logit (Slope instabilities)} = -11.1705 - 0.5700 \times X_1 + 0.0580 \times X_2 - 0.0333 \times X_3 + 0.0923 \times X_4 - 0.5800 \times X_5 + 0.2266 \times X_6 - 0.4285 \times X_7 + 1.2958 \times X_8 + 0.2718 \times X_9 - 0.4093 \times X_{10} + 0.5132 \times X_{11} + 0.2409 \times X_{12} + 0.3851 \times X_{13} - 0.0850 \times X_{14}$$

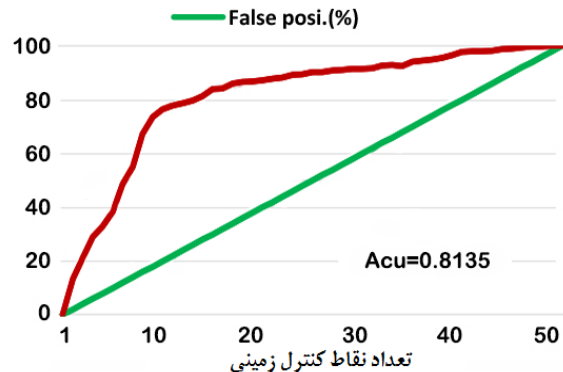
(۴)

$$\text{Logit (Slope instabilities)} = -9.7687 - 0.5951 \times X_1 - 0.1398 \times X_2 + 0.7627 \times X_3 + 0.2200 \times X_4 + 0.5805 \times X_5 - 1.3497 \times X_6 + 0.7974 \times X_7 + 0.1785 \times X_8 - 0.9086 \times X_9 - 0.1682 \times X_{10} + 0.7325 \times X_{11} + 0.5969 \times X_{12} - 0.3887 \times X_{13} - 0.0974 \times X_{14}$$



شکل (۱۹): نمودار راک و سطح زیر منحنی مربوط به دقت نقشه‌ی حساسیت پهنه‌بندی زمین لغزش به روش رگرسیون لجستیک در منطقه‌ی سولقان

Fig (19): ROC curve and the area under the curve for estimating the accuracy of the landslide zonation map in Soleghan area



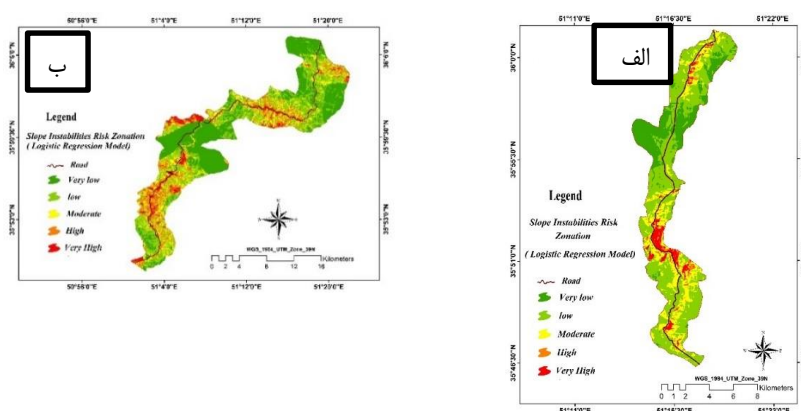
شکل (۱۸): نمودار راک و سطح زیر منحنی مربوط به دقت نقشه‌ی حساسیت پهنه‌بندی زمین لغزش به تحلیل شبکه در منطقه‌ی کرج

Fig (18): ROC curve and the area under the curve for estimating the accuracy of the landslide zonation map in Karaj area

پس از مشخص شدن اعتبار مدل رگرسیون لجستیک با استفاده از شاخص‌های ذکر شده، با اعمال فرمول‌های فوق نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت ناپایداری‌های دامنه‌ای برای هر دو حوضه‌ی مورد مطالعه تهیه گردید که نتایج حاصل از آنها در شکل (۲۰) نشان داده شده است.

در مدل حاضر، در محدوده‌ی کرج عامل فاصله از رودخانه با بیشترین ضریب ۱/۲۹۵۸ بهترین متغیر پیش‌بینی کننده‌ی احتمال وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه است و پس از آن به ترتیب شاخص‌های اقلیم با ضریب ۰/۵۱۳۲ و شاخص قدرت آبراه‌های با ضریب ۰/۳۸۵۱ بیشترین ضرایب را به خود اختصاص داده‌اند. در محدوده‌ی سولقان نیز عامل فاصله از گسل با بیشترین ضریب ۰/۷۹۷۴ بهترین متغیر پیش‌بینی کننده‌ی احتمال وقوع ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه است و پس از آن به ترتیب شاخص‌های فاصله از جاده

با ضریب ۰/۷۶۲۷ و اقلیم با ضریب ۰/۷۳۲۵ بیشترین ضرایب را به خود اختصاص داده‌اند. پس از انجام پهنه‌بندی ناپایداری‌ها، درصد پهنه‌های ناپایداری‌های دامنه‌ای در هر کلاس محاسبه شد. نتیجه نشان داد که در محدوده‌ی کرج مناطقی که با خطر بسیار بالا پهنه‌بندی شده‌اند کمترین درصد از میزان مساحت کل منطقه را به خود اختصاص داده‌اند، اما برعکس در محدوده‌ی سولقان مناطق با پتانسیل وقوع بسیار بالا بیشترین درصد از میزان مساحت کل منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. جدول (۳) درصد پهنه‌های لغزشی در هر کلاس در منطقه‌ی مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل (۲۰): نقشه‌ی پهنه‌بندی حساسیت ناپایداری‌های دامنه‌ای (الف) محدوده‌ی اتوبان تهران-سولقان، (ب) محدوده‌ی جاده‌ی کرج- گچسار

Fig (20): Slope instability zonation maps for (a) Karaj-Gachsar, (b) Tehran-Soleghan road areas

ارزیابی نقشه‌ی خطر پهنه‌بندی زمین لغزش با شاخص SCAI

شاخص SCAI در واقع نسبت درصد مساحت هر یک از کلاس‌های پهنه‌بندی خطر لغزش به درصد لغزش‌های اتفاق افتاده در هر کلاس است. روش مذکور دقت را به صورت کیفی ارائه می‌کند و بیانگر صحت یا سقم نقشه‌ی پهنه‌بندی لغزش با توجه به مقدار SCAI است (منظور از صحت یعنی کاهش مقدار SCAI از کلاس خطر کم به سمت کلاس خطر زیاد است). ارزیابی دقت در جدول (۴) نشان می‌دهد که با پیش رفتن هر چه بیشتر از کلاس خطر کم به سمت کلاس خطر خیلی زیاد، مقدار SCAI کاهش می‌یابد.

جدول (۳): مساحت پهنه‌ها به درصد برای هر کلاس در هر دو محدوده‌ی کرج و سولقان
Table (3): The percentages of the areas with various slope instability risk classes in both Karaj and Soleghan roads

کلاس	مساحت (به درصد) برای محدوده کرج	مساحت (به درصد) برای محدوده سولقان
بسیار پایین	۲۵/۰۴	۰/۳۰
پایین	۲۰/۰۹	۱۳/۴۴
متوسط	۲۴/۱۲	۱۱/۲۸
بالا	۲۱/۷۷	۱۳/۹۱
بسیار بالا	۸/۹۸	۶۱/۰۷

جدول (۴): ارزیابی نقشه‌ی خطر پهنه‌بندی زمین لغزش با شاخص SCAI در حوضه‌ی کرج و سولقان
Table (4): Assessing the slope instability zonation maps of the Karaj and Soleghan areas based on the SCAI index

کلاس حساسیت	درصد مساحت کرج	درصد زمین لغزش کرج	شاخص SCAI	درصد مساحت سولقان	درصد زمین لغزش سولقان	شاخص SCAI
بسیار پایین	۳۵/۱۵	۲۵/۰۴	۱/۴۰۳	۱۸/۷۹	۰/۳۰	۶۳/۶۲
پایین	۲۹/۹۰	۲۰/۰۹	۱/۴۸۸	۴۵/۰۷	۱۳/۴۴	۳۵/۳
متوسط	۱۵/۷۷	۲۴/۱۲	۰/۶۵۳	۱۸/۸۴	۱۱/۲۸	۱/۶۷
بالا	۱۴/۲۱	۲۱/۷۷	۰/۶۵۲	۳/۷۳	۱۳/۹۱	۰/۲۶
بسیار بالا	۴/۹۷	۸/۹۸	۰/۵۵۳	۴/۵۷	۶۱/۰۷	۰/۰۷
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	-	۱۰۰	۱۰۰	-

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش پهنه‌بندی پتانسیل ناپایداری‌های دامنه‌ای برای دامنه‌های مشرف به جاده‌ی کرج- گچسر و دامنه‌های مشرف به اتوبان در حال احداث تهران- سولقان به ترتیب به نام محدوده‌ی کرج و سولقان مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت انجام این کار از مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی و ناپایداری‌های دامنه‌ای رخ داده در منطقه و مدل رگرسیون لجستیک استفاده شده است. با توجه به نتایج جدول (۱)، مشخص می‌گردد که در محدوده‌ی کرج عوامل شیب، زمین‌شناسی، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، اقلیم، طول شیب و شاخص قدرت آبراه‌های و در محدوده‌ی سولقان نیز عوامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، اقلیم و طول شیب با دارا بودن ضرایب مثبت، همبستگی بیشتر و سایر عوامل با دارا بودن ضرایب منفی، همبستگی کمتری را نشان می‌دهند. درواقع ضرایب منفی نشان‌دهنده‌ی عدم همبستگی نیستند بلکه به معنای همبستگی ضعیف‌تر نسبت به سایر عوامل هستند. بر این اساس در

محدوده‌ی کرج به ترتیب اهمیت عوامل فاصله از رودخانه، اقلیم و شاخص قدرت آبراه‌های بیشتر از سایر عوامل و در محدوده‌ی سولقان اهمیت عوامل فاصله از گسل، فاصله از جاده و اقلیم به ترتیب بیشتر از سایر عوامل هستند. بر اساس نقشه‌های تهیه شده در محدوده‌ی کرج بخش‌های جنوبی و میانی اطراف جاده و قسمتی در شمال غرب منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر وقوع ناپایداری‌ای بیشترین پتانسیل را دارند و در محدوده‌ی سولقان بخش‌های میانی و جنوبی اطراف جاده و قسمت کوچکی در شمال منطقه از نظر وقوع ناپایداری‌های بیشترین پتانسیل را دارند. با توجه به اطلاعات جدول شماره (۴)، در محدوده‌ی کرج ۳۴/۹۵ درصد از اراضی مناطق با پتانسیل وقوع ناپایداری‌های متوسط به بالا هستند که ۵۴/۸۷ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته، همچنین ۴/۹۷ درصد (تقریباً ۵ درصد) از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده با پتانسیل خیلی زیاد قرار گرفته که نزدیک به ۹ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته است. طبق همین جدول در محدوده‌ی سولقان نیز ۲۷/۱۴ درصد از اراضی به عنوان مناطق با پتانسیل وقوع ناپایداری‌های متوسط به بالا هستند که ۸۶/۲۶ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته‌اند، همچنین ۴/۵۷ درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده با پتانسیل خیلی زیاد قرار گرفته که ۶۱ درصد ناپایداری‌ها در آن به وقوع پیوسته است. طبق جدول (۴) با مقایسه‌ی دو منطقه درمی‌یابیم که در محدوده‌ی سولقان با این که درصد مناطق با پتانسیل وقوع ناپایداری‌های متوسط به بالا با ۲۷/۱۴ درصد کمتر از کرج با عدد ۳۴/۹۵ درصد است، اما درصد ناپایداری‌های به وقوع پیوسته در همین محدوده در سولقان با ۸۶/۲۶ درصد بسیار بالاتر از درصد ناپایداری‌های به وقوع پیوسته در محدوده‌ی کرج (۵۴/۸۷) می‌باشد. بالا بودن مقدار شاخص راک و نزدیک بودن آن به عدد یک در هر دو محدوده نشان می‌دهد که ناپایداری‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه، رابطه‌ی قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارند و ارزیابی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر ناپایداری‌ها با شاخص SCAI نشان داد که همبستگی بالایی بین نقشه‌ی خطر تهیه شده با نقاط ناپایداری‌های موجود که در بازدیدهای میدانی نیز تأیید شده‌اند وجود دارد. این وضعیت منطبق بر کاهش SCAI به ویژه در کلاس‌های خطر زیاد و خیلی زیاد است و نشان‌دهنده‌ی همبستگی بالای نقشه‌ی خطر تهیه شده با نقاط ناپایداری‌ها و بازدیدهای میدانی در هر دو منطقه می‌باشد.

در نهایت می‌توان گفت مدل آماری رگرسیون لجستیک مدلی مناسب جهت پهنه‌بندی احتمال وقوع ناپایداری‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه در کنار خطوط ارتباطی به شمار می‌رود. به عنوان نتیجه‌گیری نهایی تحقیق می‌توان گفت علاوه بر عوامل طبیعی، عوامل انسانی خصوصاً جاده‌سازی غیراصولی می‌تواند نقش مهمی در وقوع ناپایداری‌های دامنه‌های مشرف بر جاده داشته‌باشد، برای کاهش نسبی خطرات و افزایش میزان پایداری دامنه‌ها لازم است تا حد ممکن از تغییر اکوسیستم و کاربری اراضی موجود اجتناب نمود، و همچنین هرگونه سیاست‌گذاری به منظور احداث سازه‌ها متناسب با شرایط ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی منطقه صورت پذیرد.

۵- منابع

- Ayalew, I. Yamagishi, H. (2005). The application of GIS-based Logistic Regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yaahiko Mountains, central Japan. *Geomorphology*, 65, 15-31.
- Bashiri, M., Kavusi Davudi, M., Afzali, A. (2018). Zonation of the effect of geological and geomorphological features on landslide pattern using fractal geometry (Case Study: Walled Toure Basin). *Journal of Hydrogeomorphology*, 4(14), 157-178.
- Dewitte, O., Chung, C., Cornet, Y., Daoudi, M., & Demoulin, A. (2010). Combining spatial data in landslide reactivation susceptibility mapping: A likelihood ratio-based approach in W Belgium. *Geomorphology*, 122 (1-2), 153-166.
- Etezadi Amoli, S., Kiyapour, M., & Taghvai, M. (2015). Investigation and study of landslide occurrence and its impact on road performance and effective stabilization method with Geo-Slop Software (Case study 30 Km of Sari to Kaiser road). *Proceedings of the First International Conference on Engineering and Applied Sciences, UAE-Dubai*, 1-8.
- Ghafouri, M., Hafezi Moghadas, N., & Azizi, Alireza. (2011). *Landslide zonation in the Farsian-Peno road*. MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, 1-147.
- Ghayed Sharaf, A.M., Talai, R., & Mokhberi, M. (2018). *13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering and the 3rd National Conference on Conservation of Natural Resources and Environment with a focus on Watershed Management and Conservation of Natural Resources and Environment*, University of Mohaghegh Ardabili.
- Ghohrudi Tali, M., Talebpour Asl, D. (2017). Spatial analysis of slope instability in the Amand dam basin. *Geographic Space*, 59, 83-101.
- Hejazi, S A., Zangane Tabar, Z., & Zamani, Z. (2019). Identification of landslides susceptible areas in Sarpol Zahab basin. *Journal of Hydrogeomorphology*, 5(20), 121-140.
- Jafarloo, M. (2005). *Zonation of slope instability in Chalus road area (Karaj-Gachsar)*. MSc thesis, Ministry of Science, Research and Technology, Tarbiat Modarres University, 1-120.
- Menard, S. (1995). Applied logistic regression analysis. *Sage university paper series on quantitative applications in social sciences*, 106, 94-98.
- Miraki, Sh., Vahab Zade, & Shirzadi, A. (2017). Landslide zonation with geographic information system and Oomparison of efficiency of logistic regression and frequency ratio methods (Case study: Cheshmidar basin, Kurdistan). *Journal of GIS & RS Application in Planning*, 2, 11-21.
- Moghimi, A., Elavipanah S.K, & Jafari T. (2008). Assessment and effects parameters zonation in occurrence landslides Aladagh. *Geographic Researches*, 64, 53-75.

- Motashari, A., Ghomi, J., Eftekhari, A., Pouzesh, B., & Shahmari, M. (2012). Landslide hazard zonation on Tehran-Chalus road and under construction highway. *Journal of Applied Geology*, 2, 147-158.
- Motavali, S., Esmaili, R., & Hosseinzade, MM. (2009). Determination of sensitivity of landslide occurrence using logistic regression method in Vaz Basin (Mazandaran Province). *Journal of Natural Geography*, 5, 73-83.
- Nandy, G., Andrew, M., Richard, A., & Stephana, G. (2009). Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attribute, Payette River, Idaho. *Geomorphology*, 37(1-2), 149-165.
- National Geosciences Database of Iran, (www.ngdir.ir).
- Orumiyei, A., Khmechian, M., & Jafarloo., M. (2005). *Zonation of slope instabilities in the Chalus road (Karaj-Gachsar)*. MSc thesis, Ministry of Science, Research and Technology, Tarbiat Modarres University, 1-120.
- Pareta, K., Kumar, J., & Pareta, U. (2012). Landslide hazard zonation using quantitative methods in GIS. *International Journal of Geospatial Engineering and Technology*, 1(1), 1-9.
- Roostai, Sh., Mokhtari, D., & Khodaei, F. (2015), Hazard Zonation of slope instabilities on mountainous roads by using logistic regression Method. *Journal of Environmental Hazards*, 6, 94-103.